

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 580 806

(21) N° d'enregistrement national :

85 05945

(51) Int Cl⁴ : G 01 K 7/00, 13/00; A 61 B 5/00.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 19 avril 1985.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 43 du 24 octobre 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(71) Demandeur(s) : *GOUAULT Jean, BUBIN Michel et LA-
FORIE Pierre. — FR.*

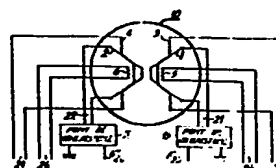
(72) Inventeur(s) : Jean Gouault, Michel Bubin et Pierre La-
forie.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Martinet et Lapoux.

(54) Sonde thermométrique pour la mesure de températures superficielles notamment cutanées.

(57) Sonde thermométrique pour la mesure de la température superficielle d'un échantillon, éventuellement de la peau humaine, comprenant un corps de sonde ayant une face frontale sensible placée sur l'échantillon, des premiers moyens de mesure de température, la température mesurée ayant une valeur de θ_{20} avant contact de la sonde avec l'échantillon et une valeur de pic θ_p après contact, des seconds moyens de mesure de température, non au contact avec l'échantillon mais influençant thermiquement les premiers moyens et des moyens chauffants pour maintenir constante la température des seconds moyens caractérisée en ce que les premiers moyens sont au nombre de deux 1, 2 et mesurent les températures avant contact θ'_{20} , θ''_{20} et les températures de pic θ'_p , θ''_p , que les seconds moyens et les moyens chauffants sont au nombre de deux 3, 4, 5, 6 ces températures constantes étant différentes, et en ce que la sonde comprend une unité arithmétique donnant la valeur de la température de l'échantillon θ_{10} comme fonction linéaire de θ'_{20} , θ''_{20} , θ'_p , θ''_p .



FR 2 580 806 - A1

D

SONDE THERMOMETRIQUE POUR LA MESURE DE TEMPERATURES
SUPERFICIELLES NOTAMMENT CUTANÉES

Domaine de l'invention

La présente invention concerne un appareil pour le relevé et l'enregistrement de températures superficielles, éventuellement de températures cutanées.

5 Description de l'art antérieur

On connaît, par le brevet FR-B-2 044 179 du 12 Mai 1969, une sonde thermométrique pour la mesure de températures superficielles, notamment de la peau humaine. Cette sonde thermométrique comprend un corps de sonde en matériau électriquement isolant, un premier

10 capteur de température mesurant la température d'un échantillon extérieur, un second capteur mesurant la température du corps de sonde et un élément de chauffage commandant la température du corps de sonde. La sonde thermométrique comprend trois paires de fils de connexion, une paire connectée au premier capteur, une paire

15 connectée au second capteur et une paire connectée à l'élément de chauffage.

La sonde thermométrique peut être utilisée de deux façons différentes. Elle peut servir à faire des pointés thermométriques d'une région cutanée par contact de courte durée avec le point

20 exploré, auquel cas la température du corps de sonde est maintenue constante et supérieure à la température moyenne de l'échantillon. La sonde thermométrique peut aussi servir à déterminer la variation en fonction du temps de la température d'un point cutané, auquel

25 cas la température du corps de sonde est asservie à la température de l'échantillon. On rappelle que, dans le cas de pointés thermométriques, la température mesurée décroît rapidement jusqu'à

- 2 -

une valeur minimale pour remonter lentement jusqu'à une température de référence. En fait, dès que la température minimale est atteinte, on retire la sonde du contact de la peau et on la replace à un autre point dès que la température de référence est atteinte.

5 Il est donc d'un grand intérêt de connaître automatiquement les instants auxquels sont atteintes les températures minimale et de référence.

Fréquemment, en vue d'un diagnostic, des zones ponctuelles symétriques par rapport au plan médian du corps humain sont

10 alternativement explorées à gauche et à droite. Lors de l'enregistrement des mesures, il y a intérêt à inscrire sur une même verticale les valeurs des températures correspondant à tout couple de points symétriques gauche et droit. En reliant les points représentatifs des valeurs de température en des points de mesure à

15 gauche d'une part, et les points représentatifs des valeurs de température en des points de mesure à droite d'autre part, on obtient deux thermodiagrammes qui manifestent nettement en étendue et en grandeur l'asymétrie thermométrique.

Le brevet FR-B-2 305 720 a décrit un appareil de relevé de

20 températures superficielles, notamment cutanées, comprenant une sonde ayant un premier capteur thermométrique de mesure donnant la température d'un échantillon en contact avec la sonde, un second capteur thermométrique donnant la température du corps de sonde, un élément de chauffage dudit corps de sonde et une chaîne

25 d'asservissement pour maintenir fixe la température du corps de sonde ou maintenir cette température égale, pendant une certaine durée, à celle de l'échantillon, ledit appareil étant caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de détecter les instants où la

- 3 -

température mesurée atteint sa valeur minimum et une valeur prédéterminée, la température du corps de sonde étant maintenue fixe, et des moyens d'enregistrer la valeur de la température à l'instant du minimum.

5 Sommaire de l'invention

La sonde thermométrique de l'invention comporte un corps de sonde plein ou creux, un premier et un second éléments thermométriques placés sur la partie frontale du corps de sonde et dont les températures sont respectivement θ'_{20} et θ''_{20} avant contact de cette partie frontale avec l'échantillon et θ'_2 et θ''_2 au cours du contact, un troisième et un quatrième éléments thermométriques placés très près l'un de l'autre à l'intérieur du corps de sonde ou sur la surface frontale et deux résistances chauffantes respectivement commandées par le troisième et quatrième éléments thermométriques, ces troisième et quatrième éléments thermométriques étant asservis par les résistances chauffantes à des températures de référence θ'_r et θ''_r respectivement. Dans une variante les résistances chauffantes peuvent être confondues avec les troisième et quatrième éléments thermométriques.

20 On désigne par θ_{10} la température de l'échantillon avant contact de la sonde.

On observe deux types d'évolutions différents de la température θ_2 indiquée par la sonde lors d'un contact entre la sonde et l'échantillon.

25 1er type : La température initiale θ_{20} est inférieure à la température superficielle initiale θ_{10} de l'échantillon.

Dès que la partie extrême de la sonde entre en contact avec l'échantillon, on observe une évolution lente de θ_2 depuis la

- 4 -

valeur initiale θ_{20} jusqu'à une valeur d'équilibre θ_e comparable à celle d'une sonde non thermorégulée (zone interne non maintenue à une température θ_r). Cette évolution est représentée sur la Fig.1 :

- 5 2ème type : La température initiale θ_{20} est supérieure à la température superficielle initiale θ_{10} de l'échantillon.

θ_r est maintenue constante et égale à une valeur nettement supérieure à θ_{10} .

- 10 Dès que la sonde entre en contact avec l'échantillon, sa température θ_2 décroît rapidement (environ 1,5s) jusqu'à une valeur minimum θ_p (valeur de pic) et ensuite croît lentement jusqu'à une valeur θ_e . Cette évolution est représentée sur la Fig.2.

- 15 On montre théoriquement et expérimentalement que θ_p est lié à θ_{20} et θ_{10} par la relation :

$$\theta_{20} = \theta_{10} + K(\theta_{20} - \theta_p)$$

- 20 L'utilisation de deux valeurs différentes : θ'_r et θ''_r lors d'une même opération de contact permet d'obtenir la température superficielle θ_{10} à partir de θ'_{20} , θ''_{20} , θ'_p , θ''_p . On a en effet,

$$\theta_{20} = \frac{\theta'_{20} - \theta''_{20}}{(\theta'_{20} - \theta'_p) - (\theta''_{20} - \theta''_p)} (\theta_{20} - \theta_p) + \theta_{10}$$

Cette équation est celle d'une droite qui est déterminée par les deux points :

- 25 M' ($\theta'_{20} - \theta'_p$), θ'_{20}
M'' ($\theta''_{20} - \theta''_p$), θ''_{20}

Cette droite est représentées sur la Fig.3. La température θ_{10} est donnée par la formule :

- 5 -

$$\theta_{10} = \frac{\theta'_{20}(\theta''_{20} - \theta''_p) - \theta''_{20}(\theta'_{20} - \theta'_p)}{(\theta''_{20} - \theta''_p) - (\theta'_{20} - \theta'_p)} \quad (1)$$

Brève description des dessins

L'invention va être maintenant décrite en détail en relation avec les dessins annexés dans lesquels :

- 5 - la Fig.1 représente la variation de la température θ_2 de la partie sensible de la sonde (partie extrême du corps de sonde) pendant une mesure dans une première hypothèse. Cette figure a été commentée dans l'entrée en matière ;
- 10 - la Fig.2 représente la variation de la température θ_2 de la partie sensible de la sonde pendant une mesure dans une seconde hypothèse. Cette figure a été commentée dans l'entrée en matière ;
- 15 - la Fig.3 représente la variation de la température θ_{20} de la partie sensible de la sonde avant contact avec un échantillon en fonction de $(\theta_{20} - \theta_p)\theta_p$ ayant été prédéfini. Cette figure a été commandée dans l'entrée en matière ;
- 20 - la Fig.4 représente la sonde thermométrique de l'invention ;
- la Fig.5 représente l'extrémité frontale sensible de la sonde ;
- 25 - la Fig.6 représente le circuit de régulation des températures θ'_r et θ''_r ;
- la Fig.7 représente le circuit de détection et de mesure des pics θ'_p et θ''_p ; et
- la Fig.8 est un diagramme de blocs des circuits électroniques de la sonde.

La sonde de l'invention (Figs.4 et 5) comprend un corps de sonde 10 ayant la forme générale d'un manchon 11, en matériau

- 6 -

diélectrique, terminé d'un côté par une partie tronconique 12. Cette partie tronconique est terminée par une face frontale 13.

Quatre éléments thermométriques 1, 2, 3, 4 et deux résistances chauffantes 5 et 6 sont fixés sur ou contenus dans la sonde thermométrique. Les éléments thermométriques sont soit des thermistances insérées dans un pont, soit des soudures chaudes de thermocouples.

Les thermistances et les résistances chauffantes sont des couches minces disposées de la façon suivante :

10 Sur la surface plane ou légèrement bombée 13 de la partie extrême du manchon isolant 10 on dépose par évaporation sous vide, quatre éléments thermorésistifs 1, 2, 3, 4 (métal pur ou alliage) ayant des formes appropriées (rectiligne ou courbe) et deux résistances chauffantes 5 et 6.

15 Entre d'une part les éléments 3 et 4 et d'autre part les éléments 1 et 2, existe une couche isolante (silice ou verre) obtenue par vaporisation pour éviter les court-circuits.

Pour finir, on dépose par vaporisation une couche céramique protectrice sur l'ensemble de la partie frontale 13 du manchon 10.

20 Les extrémités des éléments 1-6 sont raccordés à des fils de liaison extérieurs 21-26 par des microsoudures. Ces fils passent à l'intérieur du manchon où ils sont noyés dans un matériau de remplissage isolant 14.

Les éléments 1 et 2 mesurent les températures θ'_2 et θ''_2 et les éléments 3 et 4 sont asservis aux températures θ'_r et θ''_r .

Les fils 21 et 22 aux bornes des thermistances 1 et 2 sont reliées aux bornes des ponts de Wheatstone 15 et 16 respectivement.

- 7 -

Les sorties de ces ponts délivrent des tensions $V(\theta'_2)$ et $V(\theta''_2)$ respectivement proportionnelles à θ'_{20} et θ''_{20} .

La Fig.6 représente le circuit d'asservissement des températures θ'_r et θ''_r à des valeurs de consigne. Il existe
5 deux circuits identiques et un seul est représenté dans la Fig.6.

Un signal proportionnel à θ'_r est appliqué à l'entrée d'un convertisseur "température tension" 17. Le signal de sortie de ce convertisseur est appliqué à un circuit de soustraction 18 qui reçoit d'autre part une tension de consigne. Le signal différentiel
10 est appliqué à l'entrée d'un amplificateur à effet proportionnel, intégral, différentiel 19 puis à deux amplificateurs 20 et 20'. La sortie de l'amplificateur 20' est chargée par la résistance chauffante 5 à travers les fils 25.

Dans le second circuit identique non représenté, la valeur de
15 tension de consigne est différente et c'est la résistance chauffante 6 qui constitue la charge du dernier amplificateur 20'.

Le système régulateur porte les éléments 3 et 4 à des températures constantes θ'_r et θ''_r mais différentes, nettement supérieures à celle supposée θ_{10} de la surface de l'échantillon.
20 De ce fait, les couplages thermiques existant d'une part entre 1 et 3, d'autre part entre 2 et 4, donnent à 1 et 2 des températures θ'_{20} et θ''_{20} (avant contact) relativement voisines de θ'_r et θ''_r respectivement. 1 et 2 tout en étant rapprochés, ne doivent pas s'influencer thermiquement d'une façon sensible.

La Fig.7 représente l'ensemble de mesures des valeurs de pic
25 θ'_p et θ''_p . Il y a deux circuits identiques et la Fig.7 n'en représente qu'un seul.

- 8 -

Un signal proportionnel à θ'_2 qui est désigné par $V(\theta'_2)$ et qui est déduit de θ'_2 par un pont de Wheatstone comme dans la Fig.5 est appliqué à l'entrée 31 d'un amplificateur opérationnel 32 qui inverse la valeur du pic grâce à la diode 33 et charge un condensateur 34 à la valeur de crête du pic. Le signal de sortie de l'amplificateur 32 est appliqué à un autre amplificateur opérationnel 35, dont l'entrée de signal peut être mise à la terre à travers le transistor à effet de champ 36. Ce transistor à effet de champ 36 est commandé par l'amplificateur opérationnel de commutation 37. Cet amplificateur est rendu passant par l'opérateur quand il veut faire une mesure.

La sortie de l'amplificateur 35 fournit le signal $V(\theta'_p)$.

L'amplificateur 38 transmet les signaux $V(\theta'_2)$ et $V(\theta'_p)$ à un circuit de détermination de l'instant du pic qui n'est pas utilisé dans la présente invention.

Le second circuit identique à celui de la Fig.7 fournit $V(\theta''_p)$.

Les signaux

$$V(\theta'_{20}), V(\theta''_{20}), V(\theta'_p), V(\theta''_p) \quad (2)$$

sont appliqués à une mémoire 40 et de là à un convertisseur analogique numérique 41. Les signaux (2) ainsi mémorisés sont appliqués à une unité arithmétique 42 qui fournit la valeur de θ_{10} d'après la formule

$$\theta_{10} = \frac{\theta'_{20}(\theta''_{20} - \theta''_p) - \theta''_{20}(\theta'_{20} - \theta'_p)}{(\theta''_{20} - \theta''_p) - (\theta'_{20} - \theta'_p)} \quad (1)$$

RE V E N D I C A T I O N S

- 1 - Sonde thermométrique pour la mesure de la température superficielle d'un échantillon, éventuellement de la température superficielle de la peau humaine, comprenant un corps de sonde ayant une face frontale sensible destinée à être placée sur l'échantillon, des premiers moyens de mesure de température situés sur ladite face frontale, la température mesurée par lesdits premiers moyens ayant une valeur de départ θ_{20} avant contact de la sonde avec l'échantillon et une valeur de pic θ_p après contact avec l'échantillon, des seconds moyens de mesure de température situés dans le corps de la sonde, non au contact avec l'échantillon mais influençant thermiquement lesdits premiers moyens de mesure de température et des moyens chauffants destinés à maintenir constante la température desdits seconds moyens de mesure de température, caractérisée en ce que lesdits premiers moyens de mesure de température sont au nombre de deux (1,2) et mesurent les températures avant contact respectivement θ'_{20} , θ''_{20} et les températures de pic, respectivement θ'_p , θ''_p que les seconds moyens de mesure de températures sont au nombre de deux (3,4), que les moyens chauffants sont au nombre de deux (5,6) et maintiennent constantes les températures des seconds moyens de mesure de température (3,4), ces températures constantes étant différentes, et en ce que la sonde comprend une unité arithmétique donnant la valeur de la température de l'échantillon θ_{10} comme fonction linéaire de θ'_{20} , θ''_{20} , θ'_p , θ''_p .
- 2 - Sonde thermométrique conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que la fonction linéaire est

$$\theta_{10} = \frac{\theta'_{20}(\theta''_{20} - \theta''_p) - \theta''_{20}(\theta'_{20} - \theta'_p)}{(\theta''_{20} - \theta''_p) - (\theta'_{20} - \theta'_p)} \quad (1)$$

1/4

FIG. 1

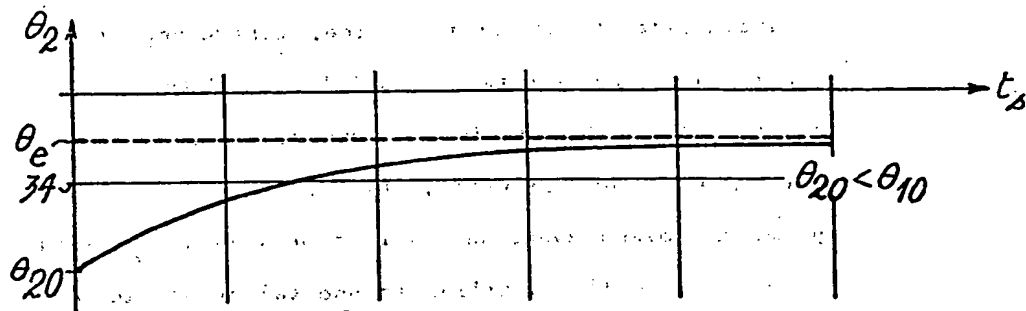


FIG. 2

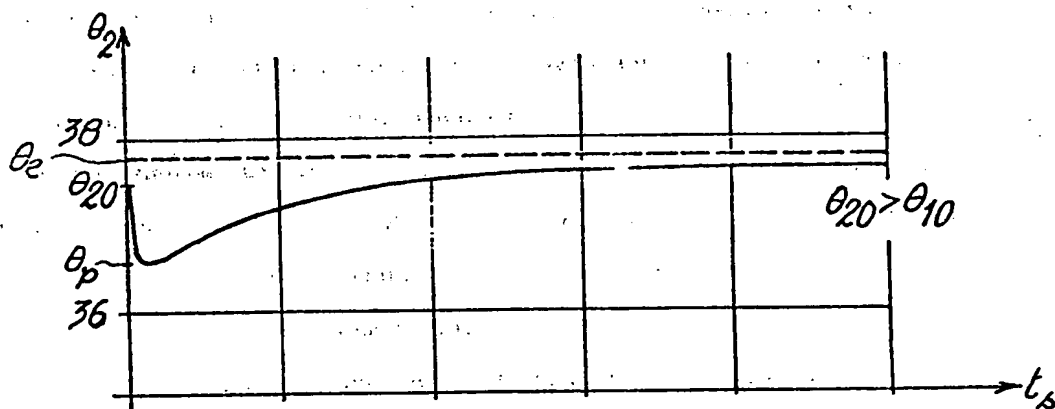


FIG. 4

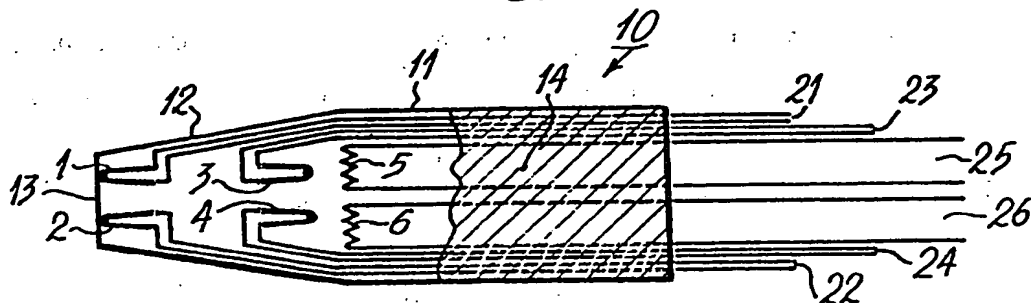


FIG. 3

A graph showing the relationship between θ_{20} (vertical axis) and $\theta_{20} - \theta_p$ (horizontal axis). The vertical axis has labels θ_{20} , θ'_{20} , and θ''_{20} . The horizontal axis has labels $\theta''_{20} - \theta_p$, $\theta'_{20} - \theta_p$, and $\theta_{20} - \theta_p$. A straight line starts at θ_{10} on the vertical axis and passes through points M'' and M' . Point M'' corresponds to θ''_{20} on the vertical axis and $\theta''_{20} - \theta_p$ on the horizontal axis. Point M' corresponds to θ'_{20} on the vertical axis and $\theta'_{20} - \theta_p$ on the horizontal axis. The line is solid from M'' to M' and dashed from θ_{10} to M'' .

The diagram illustrates a Wheatstone bridge circuit for measuring the resistance of a coil. The central component is a circular element (10) containing two coils, 5 and 6. Coil 5 is connected to a Wheatstone bridge (15) and a terminal (21). Coil 6 is connected to a Wheatstone bridge (16) and a terminal (22). The bridges are connected to a power source (10) and ground (20). The diagram is labeled with various components and terminals: 10, 3, 4, 25, 6, 5, 21, 22, 16, 15, 20, 24, 26, 25, 23.

$\frac{3}{4}$

உ.உ.

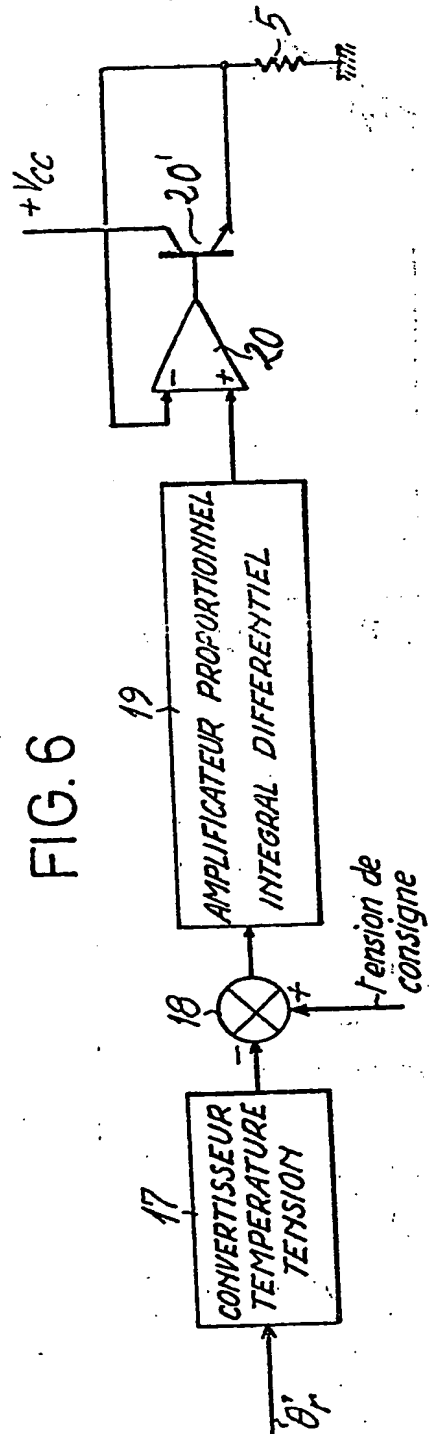


FIG. 7

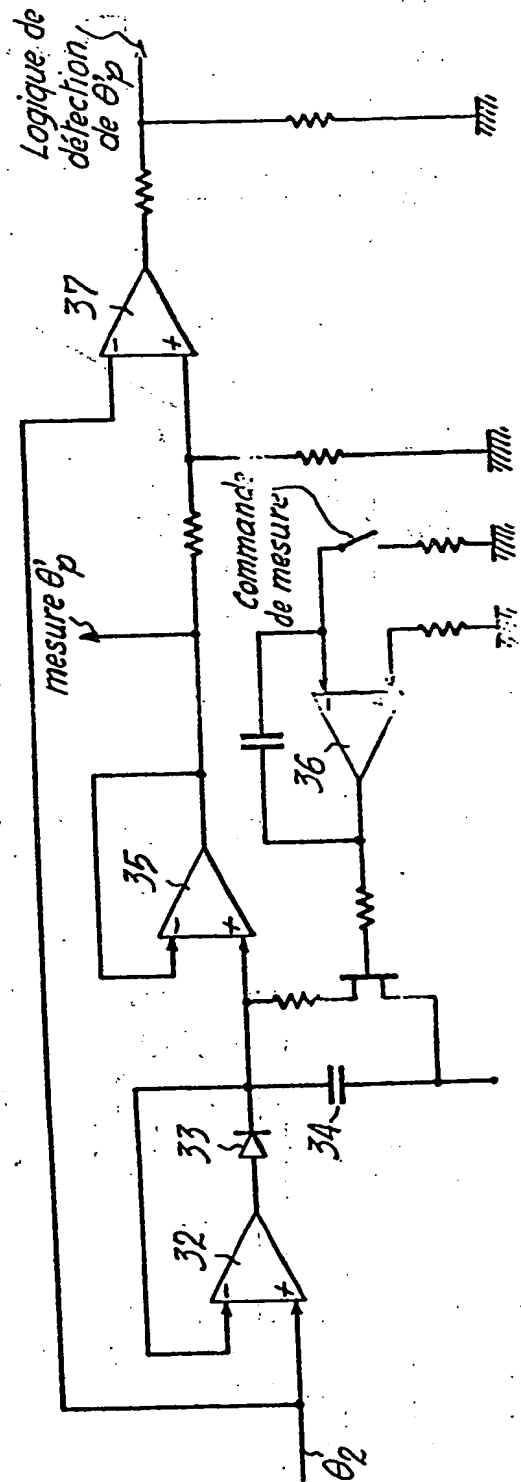


FIG. 8

